Chinese Agron. J. 6 : 229-240 (1996)
Chinese Society of Agronomy © 1996

# 氣象因子對大豆種子發芽效應之模式化

李裕娟[1] 楊純明[1] 蘇慕容[1] 范明仁[2]

臺灣省農業試驗所農藝系[1] 臺灣省農業試驗所作物種原室[2]

**摘要：**本文試驗以大豆(*Glycine max.* L.)品種高雄二號、高雄三號和高雄選十號為試材，進行連續月份的週年栽培，探討不同繁殖期的氣象因子對大豆種子發芽行為之影響。試驗結果顯示，高雄二號和三號的發芽百分比與累積日射量、累積氣溫及累積雨量皆呈負相關(P<0.01)，高雄選十號發芽百分比與氣象因子之相關顯著程度較前兩者差，僅累積日射量及累積氣溫與發芽百分比之相關程度達顯著水準(P<0.05)。Weibull函數可適用於解釋大豆種子在不同栽植月份的發芽行為，並可進一步說明不同栽植月份對大豆種子發芽百分比所產生的效應。另以Richards函數來解釋並描述大豆種子胚根伸長趨勢時，曲線所預測的結果與試驗資料很接近，顯示Richards函數之適用性極佳。

**關鍵語：**大豆、氣象因子、發芽行為、繁殖期、Weibull函數、Richards函數。

## Modeling climatic effects on seed germination of soybean

Yuh-Jyuan Lee[1], Chwen-Ming Yang[1], Muh-Rong Su[1] and Ming-Jen Fan[2]
[1] Department of Agronomy, Taiwan Agricultural Research Institute, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan (ROC)
[2] Corp Genetic Resources Laboratory, TARI

**Abstract.** Field experiments were conducted at the experimental farm of Taiwan Agricultural Research Institute to study the effects of climatic factors during the growing periods on seed germination of soybean (*Glycine max* L.), Kaohsiung No.2, Kaohsiung No.3 and Kaohsiung Selected 10. Results indicated a reduced germination in seeds produced from growing seasons of higher cumulative irradiance, precipitation, or both. Kaohsiung No.2 and 3 were more sensitive to climatic variations than Kaohsiung Selected 10 in that germination percentage was also decreased by the increasing of cumulative air temperature. It showed that germination behavior of soybean seeds from different planting months can be well-fitted in Weibull function, with unique set of parameters for each growing seasons. Patterns of radicle growth , on the other hand, were properly modeled by Richards function.

*Key words: Glycine max* L., Climatic factors, Germination behavior, Growing seasons, Weibull function, Richards function.

## 前　　言

大豆籽粒大小、營養成分組成、種子活力與壽命隨收穫季節不同而有明顯的差異，因而影響大豆種子的品質。種子活力大小關係著作物出土率、幼苗生長及作物族群之成株數，乃至作物產量(Steiner *et al.* 1989, Tekrony and Egli 1991, Wilson *et al.* 1992)。不同栽植季節有不同的氣象組成，Yang and Fan (1996)指出栽植季節的氣象變化影響大豆產量及種子大小，Su et al. (1996)試驗亦顯示大豆幼株生長受到氣象環境的改變，為瞭解氣象因子是否影響大豆種子活力，可以週年連續月份之種植，來探討不同繁殖期對大豆種子活力的影響，再藉統計分析（如線性迴歸、複迴歸分析等）建立氣象因子對大豆種子活力之關係模式。

種子發芽過程大致可分為三階段：第一階段為遲滯期(lag phase)，即種子開始吸水至第一粒種子發芽所需經過的時間。第二階段為線性期(linear phase)，此階段發芽數是以幾近直線的速率快速增加。第三階段為高平期(level phase)，此時發芽數已達極限，不因時間的增多而增加。以往已有多位學者利用已知的分佈函數說明種子發芽過程，如伽瑪分佈(Gamma distribution) (Thornley 1977)、Weibull分佈(Huang and Yang 1995, Thompson *et al.* 1994, Bonner and Dell 1976, Brown 1987)、Logistic函數(Schimpf *et al.* 1977)。其中Weibull函數被認為較其它方法合適(Bahler *et al.* 1989)，在許多植物種子上已被證明可利用此分佈說明種子在恆溫下之發芽過程(Huang and Yang 1995，Bahler et al.1989，Brown 1987，Dumur *et al.* 1990)。Weibull函數能否適用於解釋繁殖季節（從栽種至收穫）不同而對所生產種子發芽的效應產生差異，則尚待釐清。

植物生長分析常以數理型態來探討植物生長的趨勢（曲線），典型的植物各器官組織生長表現係隨著時間的增加而改變，若能認識生長的型式，則可應用數理上的方法以一簡單模式描之。生長曲線可定義為植物某性狀之變化對時間或年齡之關係圖，利用數理函數將植株的生長予以模式化，以探討其生長模式及生長介量的變異，是建立作物生長曲線的有效方法之一。植物生長會依生長環境不同而改變其生長曲線的形式，故難以呈現對稱性的S形曲線(Hunt 1979)來描述，而係依生長環境之不同改變其生長曲線的型式。Richards函數較S形曲線函數多一個介量用以描述曲線形狀，可解釋許多型式的生物生長，因此Richards函數是所有方法中較能配合適應的方法之一。在大豆種子發芽過程中，種子胚根的伸長是一重要的生長性狀，Richards函數可否說明大豆種子胚根伸長趨勢頗值得試驗探討。

本文研究在於探討不同繁殖期之氣象條件對大豆種子活力之影響，以明瞭不同繁殖期對大豆發芽行為之效應，同時試以Weibull函數解釋大豆種子在不同栽植月份的發芽百分比，以Richards函數描述不同繁殖期採收之大豆種子胚根伸長趨勢，綜合評估氣象因子對大豆種子發芽的效應。

## 材料及方法

本項研究以週年栽培方式在臺灣省農業試驗所進行田間試驗，參試品種為高雄二號(K2)、高雄三號(K3)及高雄選十號(KS10)大豆(*Glycine max* L.)。慣行栽培法係於播前整理田區，開條溝穴植，行株距為40x10公分，覆土後施臺肥39號肥料40kg/ha為基肥。每小區12行，行長7.5公尺，播後3-4週及開花期各人工除草一次。週年栽培係自1994年 1 月開始種植，連續種植至同年12月，表1為不同栽植月份三大豆品種種植和收穫的日期，即全程的生育時間。各繁殖之生育期間，視病蟲害發生情形，選用

Table 1. Planting and harvesting dates of the three soybean (*Glycine max* L.) genotypes in 1994.

| Planting month | Kaohsiung No. 2 | | Kaohsiung No. 3 | | Kaohsiung Sel. 10 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Period | Days | Period | Days | Period | Days |
| Jan | 1/10-5/21 | 126 | 1/10-5/21 | 132 | 1/10-5/23 | 134 |
| Feb | 2/08-5/27 | 109 | 2/08-6/02 | 115 | 2/08-6/05 | 118 |
| Mar | 3/08-6/30 | 115 | 3/08-7/05 | 120 | 3/08-7/07 | 122 |
| Apr | 4/08-7/23 | 107 | 4/08-7/29 | 113 | 4/08-8/04 | 119 |
| May | 5/11-8/20 | 102 | 5/11-8/23 | 102 | 5/11-9/05 | 118 |
| Jun | 6/07-9/15 | 101 | 6/07-9/22 | 108 | 6/07-9/27 | 113 |
| Jul | 7/08-10/08 | 93 | 7/08-10/13 | 98 | 7/08-10/14 | 99 |
| Aug | 8/13-11/05 | 85 | 8/13-11/07 | 87 | 8/13-11/09 | 89 |
| Sep | 9/08-12/02 | 86 | 9/08-12/07 | 91 | 9/08-12/07 | 91 |
| Oct | 10/06-01/11 | 98 | 10/06-01/16 | 103 | 10/06-01/11 | 98 |
| Nov | 11/04-02/06 | 95 | 11/04-02/06 | 95 | 11/04-02/06 | 95 |
| Dec | 12/05-04/15 | 117 | 12/05-04/17 | 126 | 12/05-04/19 | 128 |

合適藥劑施用(Yang and Fan 1996, Su *et al.* 1996)。試區以裂區設計(Split plot design)，每月一次繁殖期爲主區，品種爲副區。副區內採逢機完全區集設計，三重覆。

週年栽培試驗所收集、調查項目爲(一)氣象資料：取自臺灣省農業試驗所農場內一級農業氣象測站測值，包括日射量、雨量及氣溫等。(二)大豆種子活力測定：豆莢收穫後，先經35°C烘乾72小時後脫粒，所得種子於儲藏前先於20°C、10% RH下將種子含水量調整至7±0.5%，再進行發芽試驗。

發芽試驗採國際種子檢查規則(International Seed Testing Association 1985)，進行下列兩種測定項目：(一)發芽百分比測定，由於不同繁殖期所產生的種子數量不甚穩定，受到環境的影響，故每品種取樣單位爲20粒種子，5重覆，以濾紙(Whatman #1, 30cmx20cm)捲入種子，浸濕後放入發芽生長箱，翌日起記錄發芽數並連續記錄至第九天止。(二)種子胚根伸長測定：每品種取5粒種子放置發芽板上，4重覆，再蓋上一層濾紙，斜放至發芽盤內，加入足夠浸溼濾紙的純水，置入發芽生長箱翌日起記錄胚根長度並連續記錄至第九天止。生長箱培養溫度爲日溫30°C，夜溫20°C。

種子發芽百分比和胚根伸長之模式理論及分析：

(一)Weibull函數：

其公式如下列：

$$F(t)= M\{1-\exp[-((t-a)\ b)^c]\}$$

其中M≤100，0<a<t，0<b，0<c，

F(t)=處理 t 時間後之累積發芽百分比，

M=最終發芽百分比，

a=遲滯期（第一顆種子發芽所需的時間），

b=發芽速率，

c=種子發芽百分比增加的型式，

t=處理時間。

模式中各參數(M, a, b, c)之求得，係將試驗重覆資料合併，利用SAS非線性程序(PROC NLIN, method marquardt, SAS Institute, 1985)計算獲得。

(二)Richards函數：

其公式如下列：

$$y = A\,[1 \pm be^{-kt}]^{1/(1-m)}$$

其中$A > 0$, $k > 0$, $0 \le m \le \infty$，

y=累積發芽百分比，

A=漸近線最大值，

b=時間尺度常數，

k=速率常數，

m=曲線形狀，

t=處理時間。

模式中各參數之求得，係將試驗重覆之資料合併，利用SAS非線性程序(Hong 1995) (PROC NLIN, method marquardt, SAS Institute, 1985)計算獲得。

## 結果與討論

### 一、氣象因子與發芽百分比之關係

圖1為大豆週年栽培時，本所農場內一級農業氣象站所測得1994年一月至翌年四月的累積日射量、氣溫及雨量，由此可瞭解週年栽培各繁殖期氣象條件之變化情形。月累積日射量自春季三月開始逐漸增加，持續至九月呈現明顯下降，翌年一月則突然升高，二月又明顯降低。月累積氣溫隨季節性之變化而有明顯的差異，屬一般季節性的表現（夏高冬低）。月累積雨量則集中在五至八月間（梅雨季節、颱風過境），十月至翌年四月雨量急劇減

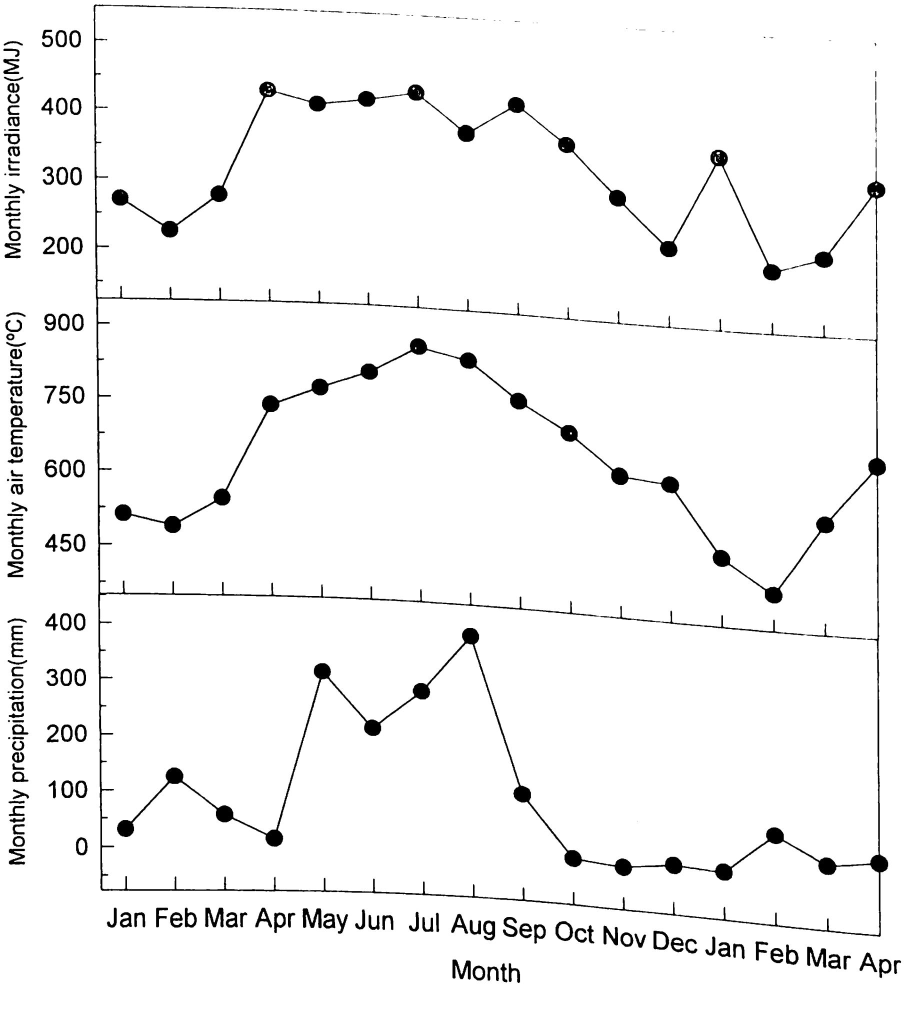


Fig. 1. Changes of climatic factors during the growing seasons of *G. max*. L. in 1994-1995.

少，乾濕季現象明顯。

圖2爲大豆三品種(K2、K3和KS10)於1994年一月至十二月種植所收穫種子之發芽百分比分佈情形，三品種種子週年之發芽百分比趨勢類似。KS10除一月份之發芽率偏低外，其餘大致皆高於K2及K3。五月份三品種之發芽率皆低，原因可能爲種植時適值梅雨季節開始，而營養生長、生殖生長時期（5-7月）雨量太高，田間管理不易致使收穫種子品質不佳，發芽百分比因此降低。1994年冬季氣候異常（暖冬），故十至十二月的發芽百分比無明顯降低之現象。氣象因子採全程生育期之累積量，不同栽植月份因品種間生育時間長短不同，故不同品種同一栽植月份所累積的日射量、氣溫及雨量皆有差異。爲探討氣象因子與發芽百分比之相關關係，分別將三個大豆品種之發芽百分比與氣象因子做線性相關分析，所得結果如圖3A、3B、3C所顯示。

高雄二號和三號的發芽百分比與累積日射量、累積氣溫及累積雨量個別皆呈負相關（圖3A、3B），相關係數達1%的顯著水準。高雄選十號發芽百分比與氣象因子之相關顯著程度較前兩者差，僅累積日射量及累積氣溫與發芽百分比之相關程度可達5%的顯著水準，與累積雨量無關（圖3C）。由線性相關關係結果得知，高雄二號和三號受氣象因子影響，即當累積日射量或累積氣溫或累積雨量偏高時，反而會降低大豆種子之發芽百分比。高雄選十號亦受氣象因子影響，其發芽百分比受累積日射量或累積氣溫之升高而減少。

爲進一步瞭解氣象因子與發芽百分比之相關關係，將氣象因子與三個大豆品種之發芽百分比做逐步複迴歸分析，以明瞭氣象多因子的綜合效應。表2爲複迴歸分析的一元一次及二元一次方程式，高雄二號之發芽百分比與累積日射量及累積雨量呈二元一次複相關關係，顯示兩氣象因子對發芽百分比有交互加成作用，即發芽百分比之高低同時受累積日射量和累積雨量之多寡所影響。高雄三號之發芽百分比與累積雨量及累積氣溫呈二元一次複相關關係，與上述兩品種相異的是累積雨量爲主要影響因子，而交互加成作用的因子則是累積氣溫。三個氣

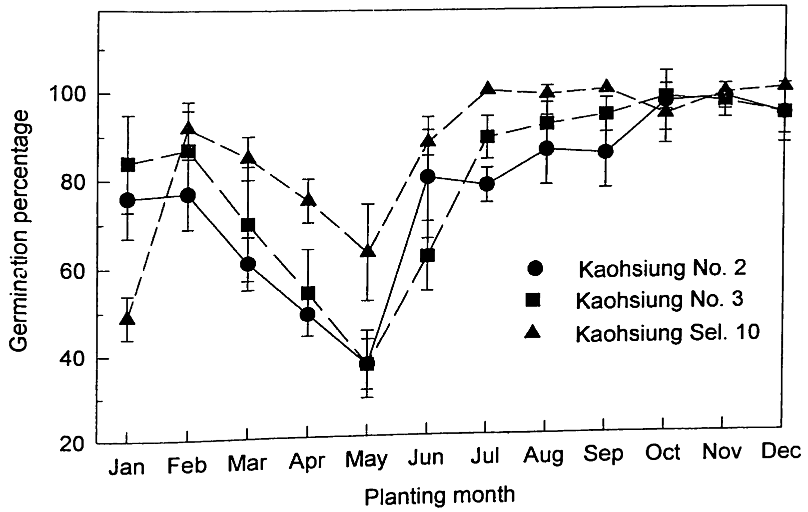


Fig. 2. Germination percentage of *Glycine max* L. obtained from different planting months in 1994.

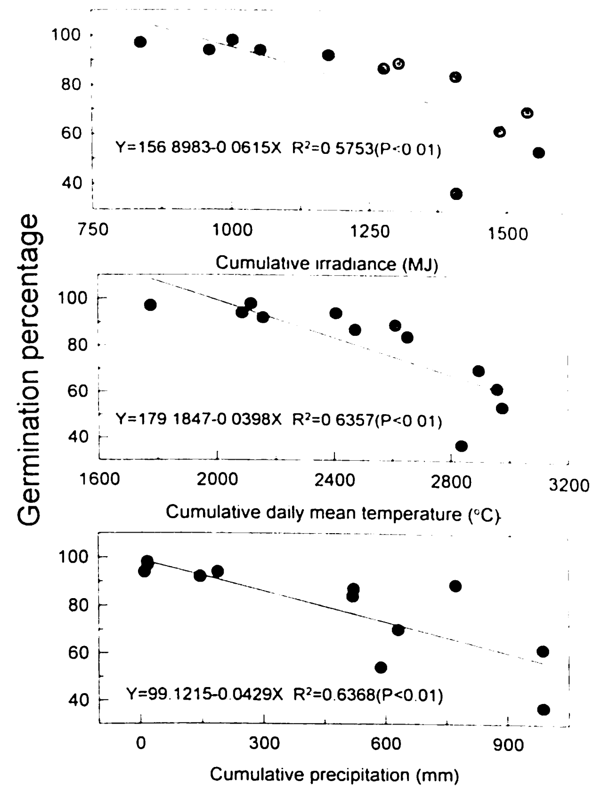


Fig. 3A. The correlations of cumulative irradiance, daily mean temperature, and precipitation and dermination percentage of *G. max* L. cv. kaohsiung No. 2 grown in 1994.

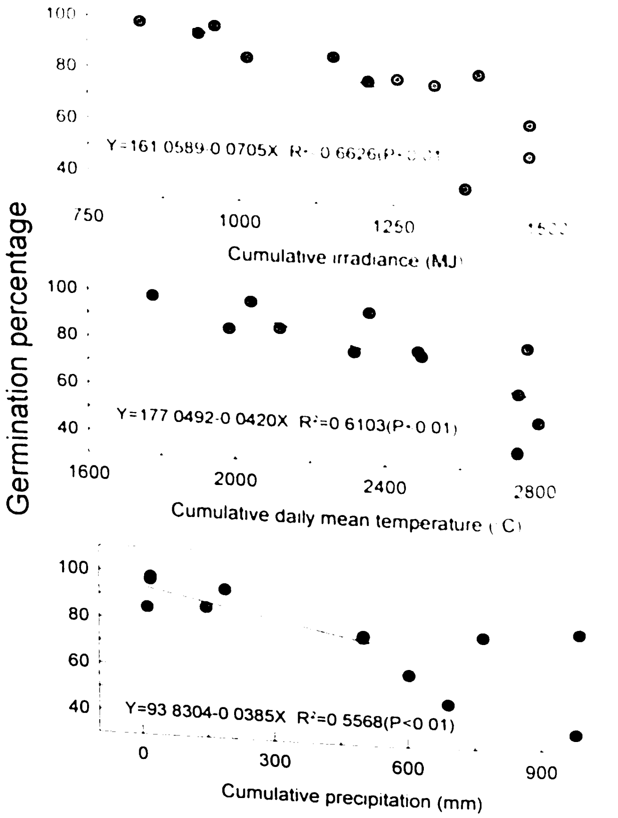


Fig. 3B. The correlations of cumulative irradiance, daily mean temperature and precipitation and germination percentage of *G. max* L. cv. Kaohsiung No. 3 grown in 1994.

象因子在不同品種間呈現相異的效應，即發芽百分比受氣象因子之影響，品種間存在差異性。

不同季節生產（繁殖）之大豆種子在相同儲藏條件下，種子之儲藏壽命及活力有明顯的差異(Huang 1988)。亦有學者提出(Chen *et al.* 1986, Tang 1965)大豆的生長、繁殖對環境相當敏感，其產量及品質隨栽培季節及地區之不同而有顯著的差異。本試驗以不同栽植月份所延伸之不同的氣象組成，探討氣象因子對大豆種子活力（發芽百分比）所產生的效應，釐清了除種子本身含水量外，植株栽植（繁殖）期之氣象因子亦影響所生產種子之活力。

**二、以Weibull函數分析不同栽植月份對大豆種子發芽百分比 之效應**

Huang and Yang (1995)曾利用Weibull函數分析溫度對大豆種子發率之效應，並解釋熱位時間與累積發芽百分比之關係，本試驗亦應用Weibull函數來分析不同栽植月份對大豆種子發芽百分比所產生的效應。表3爲不同品種和不同栽植月份以Weibull函數分析，所測得的參數值(M, A, B, C)及相關係數($R^2$)。由相關係數值皆達0.97以上得知，Weibull函數適用於解釋大豆種子在不同栽植月份的發芽行爲。

最終發芽百分比在三個大豆品種大致以四至六月所種植的較差，七至十二月的種子品質穩定，可達百分之八十以上，一至三月的種子發芽百分比則因品種不同而有差異，高雄二號和三號對生長環境低溫可能較敏感，發芽百分比高低變化因而稍大，

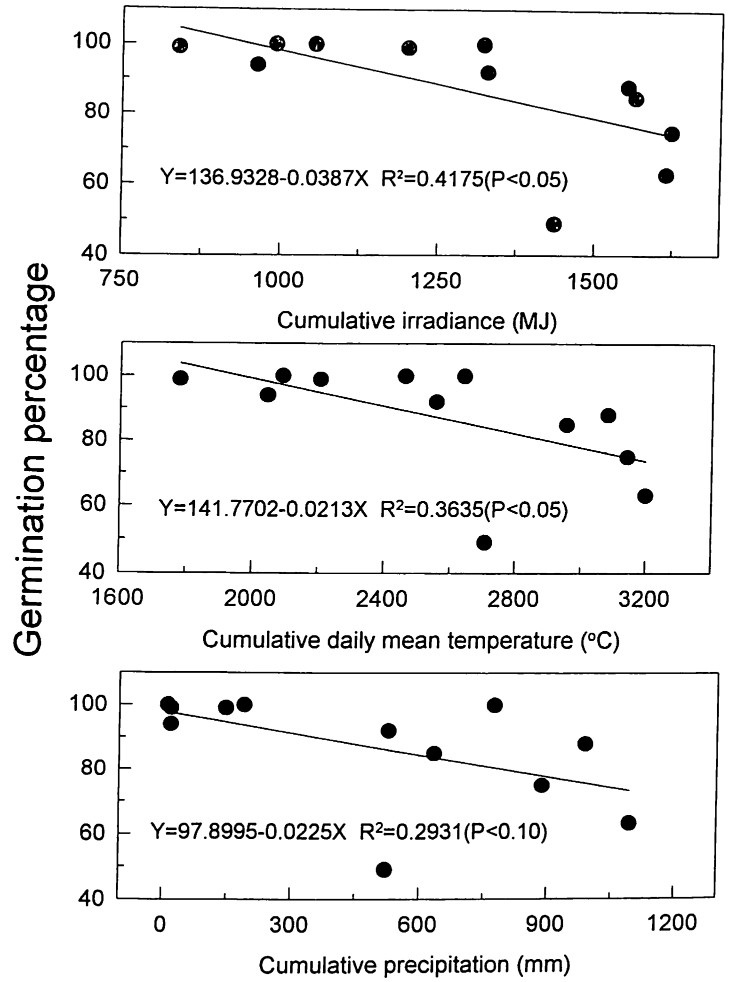


Fig. 3C. The correlations of cumulative irradiance, daily mean temperature and precipitation and germination percentage of *G. max* L. cv. Kaohsiung Sel. 10 grown in 1994.

Table 2. Regression analyses of climatic factors and germination percentage of Glycine max L. grown in 1994.

| Cultivar | Parameter | Equation | $R^2$ | P |
|---|---|---|---|---|
| Kaohsiung | X1 | Y= 161.059 – 0.071X1 | 0.6626 | 0.0013 |
| No. 2 | X1, X3 | Y= 147.978 – 0.056X1 – 0.010X3 | 0.6741 | 0.0064 |
| Kaohsiung | X3 | Y= 99.122 – 0.043X3 | 0.6368 | 0.0006 |
| No. 3 | X2, X3 | Y= 116.765 – 0.008X2 – 0.036X3 | 0.7131 | 0.0036 |
| Kaohsiung | X1 | Y= 136.933 – 0.039X1 | 0.4175 | 0.0232 |
| Sel. 10 | X1, X3 | Y= 151.413 – 0.054X1 + 0.012X3 | 0.4313 | 0.0789 |

Y : Germination percentage (%)
X1: Cumulative irradiance (MJ)
X2: Cumulative daily mean temperature (°C)
X3: Cumulative precipitation (mm)

**Table 3.** The parameters of Weibull function of cumulative germination from different planting months for *Glycine max* L. grown in 1994.

| Cultivar | Planting month | Parameters | | | | $R^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | M | A | B | C | |
| Kaohsiung No. 2 | Jan | 76.3063 | 0.5839 | 0.7060 | 1.4700 | 0.9926 |
| | Feb | 79.5148 | 0.5099 | 0.5963 | 1.1121 | 0.9957 |
| | Mar | 61.0276 | 0.6332 | 0.7950 | 0.9120 | 0.9880 |
| | Apr | 50.1789 | 0.5606 | 0.3060 | 2.1024 | 0.9900 |
| | May | 39.5794 | 0.7935 | 0.2941 | 2.1204 | 0.9721 |
| | Jun | 50.0321 | 0.8974 | 0.5983 | 1.8040 | 0.9996 |
| | Jul | 80.2567 | 0.9975 | 0.6852 | 1.0231 | 0.9947 |
| | Aug | 85.8270 | 0.5010 | 0.9759 | 2.6909 | 0.9987 |
| | Sep | 84.9950 | 0.8989 | 1.4942 | 1.0989 | 0.9979 |
| | Oct | 96.3347 | 0.2037 | 1.1000 | 2.1330 | 0.9970 |
| | Nov | 96.1768 | 0.5115 | 1.0215 | 2.2675 | 0.9987 |
| | Dec | 94.0716 | 0.1013 | 1.5821 | 0.8132 | 0.9828 |
| Kaohsiung No. 3 | Jan | 73.0548 | 0.4016 | 0.5855 | 1.9962 | 0.9978 |
| | Feb | 86.8759 | 0.7798 | 0.8297 | 0.9629 | 0.9906 |
| | Mar | 71.3510 | 0.5931 | 0.3981 | 1.4733 | 0.9935 |
| | Apr | 55.0260 | 0.4715 | 0.4079 | 1.6393 | 0.9909 |
| | May | 60.4536 | 0.8786 | 0.9667 | 1.0019 | 0.9962 |
| | Jun | 61.3663 | 0.8463 | 0.4957 | 2.2408 | 0.9961 |
| | Jul | 89.1497 | 0.7901 | 0.8171 | 1.6168 | 0.9991 |
| | Aug | 91.3193 | 0.6215 | 0.9717 | 2.6855 | 0.9955 |
| | Sep | 94.9445 | 0.6968 | 0.8964 | 1.5995 | 0.9989 |
| | Oct | 98.0033 | 0.3975 | 0.9590 | 2.1314 | 0.9952 |
| | Nov | 96.7153 | 0.4726 | 0.9850 | 2.3098 | 0.9992 |
| | Dec | 94.6943 | 0.6967 | 0.9854 | 2.0334 | 0.9967 |
| Kaohsiung Sel. 10 | Jan | 84.0135 | 0.4920 | 0.9773 | 2.3310 | 0.9991 |
| | Feb | 91.7724 | 0.0000 | 0.9913 | 0.9004 | 0.9764 |
| | Mar | 94.9034 | 0.6989 | 0.9959 | 1.4007 | 0.9972 |
| | Apr | 79.0629 | 0.8984 | 0.7915 | 0.8063 | 0.9920 |
| | May | 75.4723 | 0.9952 | 0.5962 | 1.3571 | 0.9942 |
| | Jun | 80.0503 | 0.2897 | 0.9971 | 2.5050 | 0.9988 |
| | Jul | 100.0000 | 0.4000 | 1.0000 | 2.8000 | 1.0000 |
| | Aug | 98.8863 | 0.1355 | 1.0410 | 1.8983 | 0.9996 |
| | Sep | 99.9100 | 0.3971 | 0.8959 | 2.6024 | 0.9968 |
| | Oct | 93.7428 | 0.0000 | 0.9777 | 2.1328 | 0.9983 |
| | Nov | 99.0568 | 0.0696 | 0.9871 | 2.1635 | 0.9997 |
| | Dec | 94.4900 | 0.2079 | 0.8075 | 3.0031 | 0.9985 |

相對的高雄選十號對生長環境之適應性較前兩者佳，在低溫下仍有頗佳的發芽百分比（百分之八十四以上）。遲滯期(A)和發芽速率(B)大小則隨栽植月份及品種間之差異而有所變化，並無明顯規則性的改變。

三品種各栽植月份以Weibull函數所繪製的生長曲線如圖4所示，隨栽植月份之不同，其累積發芽百分比呈高低不同的趨勢，惟均符合Weibull函數分佈。高雄二號累積發芽百分比分佈高低差異顯然大於高雄三號和高雄選十號，顯示其種子品質穩定性較差。將三品種之十二個栽植月份之十二條曲線，做統計分析(SAS, PROC NLIN, method marquardt)獲得單一曲線（圖4中之實線曲線）及其方程式。此一曲線所獲得的結果與試驗資料很接近，相關程度達99%以上。

**三、以Richards函數分析不同栽植月份對大豆種子胚根伸長之效應**

由於Richards函數可解釋許多型式的生物生長，故本試驗以Richards函數來解釋並描述大豆種子胚根伸長情形。表4爲不同品種和不同栽植月份以Richards函數分析，所測得的係數值(A, b, k, m)及相關係數($R^2$)。由相關係數值皆達0.99以上得

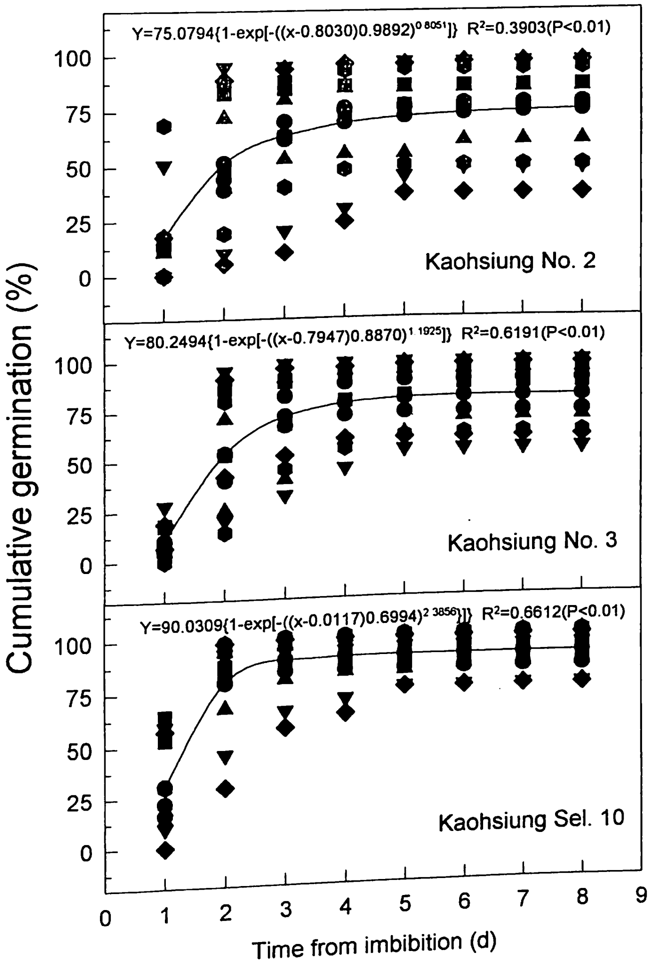


Fig. 4. The fitted curves from Weibull function developed from the measured values of the cumulative germination set of *Glycine max* L. grown in 1994.

**Table 4.** The parameters of Richards function of radicle development from different planting months for *Glycine max* L. grown in 1994.

| Cultivar | Planting month | Parameters | | | | $R^2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | A | b | k | m | |
| Kaohsiung No. 2 | Jan | 22.2461 | 7.7068 | 0.6171 | 1.2450 | 0.9997 |
| | Feb | 36.6713 | 2.7578 | 0.4677 | 1.1504 | 0.9988 |
| | Mar | 29.0179 | 1.6218 | 0.3302 | 1.1621 | 0.9979 |
| | Apr | 37.7728 | 1.3305 | 0.3723 | 1.0937 | 0.9970 |
| | May | 44.0100 | 15.2383 | 0.6492 | 1.1995 | 0.9977 |
| | Jun | 91.8823 | 3.8487 | 0.5063 | 1.1826 | 0.9982 |
| | Jul | 90.7992 | 0.6371 | 0.4249 | 1.0529 | 0.9931 |
| | Aug | 86.8607 | 0.4376 | 0.5510 | 1.0397 | 0.9976 |
| | Sep | 67.2699 | 0.5426 | 0.4956 | 1.0497 | 0.9971 |
| | Oct | 99.0351 | 1.3239 | 0.4666 | 1.1126 | 0.9961 |
| | Nov | 164.5085 | 4.6753 | 0.5273 | 1.2570 | 0.9987 |
| | Dec | 250.9109 | 1.5537 | 0.2681 | 1.1475 | 0.9965 |
| Kaohsiung No. 3 | Jan | 19.2520 | 1.1471 | 0.5016 | 1.0759 | 0.9963 |
| | Feb | 22.1897 | 0.7804 | 0.3783 | 1.1040 | 0.9962 |
| | Mar | 20.2498 | 0.7778 | 0.3627 | 1.0733 | 0.9912 |
| | Apr | 50.7362 | 1.5467 | 0.5740 | 1.0599 | 0.9984 |
| | May | 59.6322 | 1.7561 | 0.4524 | 1.0891 | 0.9996 |
| | Jun | 64.7371 | 0.9737 | 0.3968 | 1.0990 | 0.9920 |
| | Jul | 58.2708 | 0.7973 | 0.4361 | 1.0643 | 0.9949 |
| | Aug | 109.1106 | 1.1000 | 0.5226 | 1.0722 | 0.9990 |
| | Sep | 39.6674 | 0.5634 | 0.5371 | 1.0474 | 0.9964 |
| | Oct | 253.5601 | 1.5559 | 0.3200 | 1.1308 | 0.9970 |
| | Nov | 224.9805 | 1.1688 | 0.3539 | 1.1172 | 0.9980 |
| | Dec | 170.9702 | 0.8359 | 0.4724 | 1.0629 | 0.9971 |
| Kaohsiung Sel. 10 | Jan | 24.8877 | 7.1939 | 0.7411 | 1.2211 | 0.9968 |
| | Feb | 24.9884 | 5.3102 | 0.7082 | 1.2043 | 0.9952 |
| | Mar | 22.3559 | 4.3671 | 0.6674 | 1.2239 | 0.9968 |
| | Apr | 67.6568 | 0.6942 | 0.4204 | 1.0801 | 0.9986 |
| | May | 95.0352 | 6.0888 | 0.5833 | 1.4245 | 0.9982 |
| | Jun | 125.8877 | 2.5145 | 0.5619 | 1.2387 | 0.9992 |
| | Jul | 166.9640 | 0.6655 | 0.3955 | 1.0819 | 0.9965 |
| | Aug | 152.0136 | 0.5710 | 0.4405 | 1.0649 | 0.9985 |
| | Sep | 58.9790 | 0.2132 | 0.5076 | 1.0312 | 0.9908 |
| | Oct | 127.3739 | 0.3093 | 0.3761 | 1.0387 | 0.9900 |
| | Nov | 306.0314 | 1.5727 | 0.2950 | 1.1776 | 0.9936 |
| | Dec | 270.4511 | 1.2503 | 0.3945 | 1.1092 | 0.9977 |

知，Richards函數適用於解釋本試驗大豆種子胚根在不同栽植月份的伸長行爲。漸近線最大值(A)隨品種及栽植月份不同有極大的差異(19-306)，隱示大豆種子胚根伸長潛勢優劣不同。而由曲線之形狀介量(m)得知，三品種不同栽植月份的m值約在1.0至1.5間，表示胚根伸長之轉捩點發生在生長量未達一半之前。

三品種各栽植月份以Richards函數所繪製的生長分佈如圖5所示，隨栽植月份之不同，胚根伸長長度差異頗大，而高雄選 十號的胚根伸長長度顯然高於其它兩品種。將三品種之十二個栽植月份之十二條曲線，做統計分析(SAS, PROC NLIN, method marquardt)獲得單一曲線（圖5中之實線曲線）及其方程式。此一曲線所預測的結果與試驗資料很接近，即試驗資料99%以上的變異均可用此模式解釋。由三個品種之三條曲線所獲得的係數進行比較，高雄選十號之漸近線最大值高於另二品種，三品種之速率常數和曲線形狀類似。

**誌謝**：臺灣省農業試驗所第1825號研究報告。本文研究承行 政院農業委員會經費補助（84科技-23-糧-13-(1-13)，85科技-1.5-糧-01(15)），特此誌

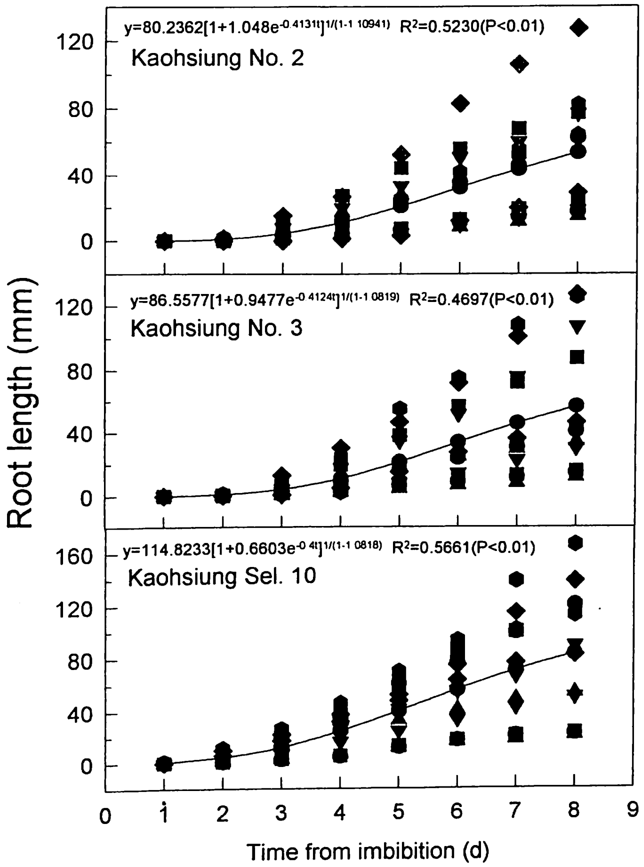


Fig. 5. The fitted curve from Richards function developed from the measured values of the root length set for *Glycine max* L. grown in 1994.

謝。統計分析部份承國立中興大學農藝系郭寶錚博士協助，謹致誠摯的感謝。

## 引用文獻

Bahler, C., Hill, R. R. and Byers, R. A. (1989) Comparison of logistic and Weibull functions:the effects of temperature on cumulative of alfalfa. *Crop Sci*. 29:142-146.

Bonner, F. T. and Dell T. R.(1976)Weibull function: A new method of comparing seed vigour. *J. Seed Technol*. 1:96-103.

Brown, R. F. (1987) Germination of *Aristida armata* under constant and alternating temperatures and its analysis with the cumulative Weibull distribution as a model. *Aust. J. Bot*. 35:581- 591.

Chen, K.-F., Chen, C.-S. and Cheng, S.-T. (1986) Effects of planting date on the yield and quality of vegetalbe soybean. *Ann. Rep. Dryland Crops Imp*. 28:100-103.

Thompson, C. R. , Thill, D. C. and Shafii, B. (1994) Germination characteristics of sulfonylurea-resistant and -susceptible Kochia (*Kochia scoparia*) . *Weed Sci*. 42:50-56.

Dumur, D., Pilbeam, C. J. and Craigon, J. (1990) Use of the Weibull function to calculate cardinal temperature in faba bean. *J. Exp. Bot*. 41:1423-1430.

Hong, S.-J. (1995) Application of modified Richards function for research on growth of corn (*Zea mays* L.) as affected by crop seasons and soil series. M.S. thesis, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan. 112pp.

Huang, C.-H. and Yang, C.-M. (1995) Use of Weibull function to quantify temperature effect on soybean germination. *Chinese Agron, J*. 5:25-34.

Huang, S. S. (1988) Studies on germination characters of soybean seeds harvested and stored in different crop seasons durations. *Ann. Rep. Dryland Crops Imp*. 30:163-173.

Hunt, R. (1979) Plant growth analysis: The rationale behind the use of the fitted mathematical function. *Ann. Bot*. 43:245-249.

International Seed Testing Association. (1985) International rules for seed testing. The germination test. *Seed Sci. Technol*. 13:421-443.

Lu, H. -Y., Chan, L.-F. Lu, C.-T., and Lai, C.-H. (1995) Growth model by fitting Richards function in wetland taro [*Colocasia esculenta (L.) Schott*]. *J. Agric. Assoc. China* 171:22-33.

SAS/STAT User's Guide (1985) SAS Institute Inc., North Carolina, USA.

Schimpf, D. J. Flint, S. D. and Palmblad. (1977) Representation of germination curves with the logistic function. *Ann. Bot*. 41:1357-1360.

Steiner, J. J., Grabe, D. F., and Tulo, M. (1989) Single and multiple vigor tests for predicting seedling emergence. *Crop Sci*. 29:782-786.

Su, M.-R., Yang, C.-M. and Lee, Y.-J. (1996) Response of soybean growth to climatic factors in early growing phase. *J. Agric. Assoc. China* (submitted).

Tang, W.T. (1965) Effects of different planting seasons and different localities on the protein and oil contents of soybean in Taiwan. *J. Agric. Assoc. China* 52:31-41.

Tekrony, D. M. and Egli, D. B. (1991) Relationship of seed vigor to crop yield: a review. *Crop Sci*. 31: 816-822.

Thornley, J. H. M. (1977) Germination of seeds and spores. *Ann. Bot*. 41:1363-1365.

Wilson, D. O., Jr., Alleyne, J. C., Shafii, B., and Mohan, S. K. (1992) Combining vigor test results for prediction of final stand of shrunken-2 sweet corn seed. *Crop Sci*. 32:1496-1502.

Yang C.-M. and Fan, M.-J.(1996)Soybean yields response to planting dates and climatic factors. *Chinese J. Agrometeol*. 3:9-16.

---

收稿日期：85年 3 月25日，接受刊登日期：85年 5 月6日。

編　　輯：宋濟民

通訊作者：李裕娟（電話：04-3302301轉144，傳真：04-3302806）